

20 JAN 2004

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 04 FEB 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 00 955.8

**Anmeldetag:** 13. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** EPCOS AG,  
81669 München/DE

**Bezeichnung:** Radar-Transceiver für Mikrowellen- und  
Millimeterwellenanwendungen

**IPC:** G 01 S 7/03

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wallner

## Beschreibung

Radar-Transceiver für Mikrowellen- und Millimeterwellenanwendungen

5

Die Erfindung betrifft einen Radar-Transceiver (Sende/Empfänger-Modul) für Mikrowellen- und Millimeterwellenanwendungen und zugehörige Modulplattformkonzepte zur Zusammenschaltung von Teilmodulen zu einem Gesamtmodul.

10

Ein Radar-Transceiver ist ein zur Ortung von Gegenständen im Raum oder zur Geschwindigkeitsbestimmung geeignetes Höchstfrequenzgerät, das elektromagnetische Wellen senden und die vom Zielgegenstand reflektierten elektromagnetischen Wellen empfangen und weiterverarbeiten kann. Ein Radar-Transceiver enthält in der Regel mehrere miteinander verschaltete Höchstfrequenzmodule, die verschiedene Funktionalitäten im Frequenzbereich von 1 bis 100 GHz erfüllen.

15

Der Frequenzbereich zwischen 1 GHz und 30 GHz wird Mikrowellenbereich (MW-Bereich) genannt. Der Frequenzbereich ab 30 GHz aufwärts wird Millimeterwellenbereich (mmW-Bereich) genannt. Die Höchstfrequenzmodule unterscheiden sich gegenüber den Hochfrequenzmodulen insbesondere dadurch, daß für Höchstfrequenzschaltungen ab 5 GHz in der Regel „Wellenleiter“, z. B. Mikrostreifenleitungen und Koplanarleitungen verwendet werden.

20

25

Transceiver oder Transceiver-Komponenten werden insbesondere in folgenden Bereichen angewendet: bei automobilen Radarmodulen, beispielsweise Automobilradar bei 24 GHz und 77 GHz, Keyless Entry Systemen, aber auch allgemein bei Datenübertragungssystemen, z. B. bei drahtlosen lokalen Datennetzwerken WLAN (Wireless Local Area Network), optischen Modulen wie Multiplexer, Modulatoren und Sender-/Empfängereinheiten, bei Front-End-Modulen für Breitbandkommunikation, z. B. LMDS (Lo-

30

35

cal Multimedia Distribution System) und Richtfunkanlagen für Basisstationen.

Im Mikrowellenbereich von 1 bis 18 GHz ist es bisher üblich, verschiedene Schaltungsteile (Höchstfrequenzmodule) auf einem Softboard (Leiterplatte aus einem Material mit einer niedrigen Absorption elektromagnetischer Wellen im Höchstfrequenzbereich) mittels SMD-Technik (SMD = Surface Mounted Device) miteinander zu verbinden. Die SMD-Bauteile sind jedoch für Anwendungen bei höheren Frequenzen als 18 GHz meist ungeeignet.

Es ist beispielsweise ein mit dieser Technik realisierter Transceiver-Modul bekannt, das folgende auf einem 30 mm x 30 mm großen Board angeordnete Komponenten enthält: einen mit diskreten SMD-Bauelementen (einem Transistor und zwei Dioden) aufgebauten spannungsgesteuerten Oszillator und einen Mischer. Zusätzlich werden an dieses Modul eine Antenne, ein Frequenzteiler und eine Frequenzregelschleife von extern angeschlossen.

Im Millimeterwellenbereich anzuwendende Module werden heutzutage meist auf der Basis von Dünnschichtsubstraten hergestellt. Das Dünnschichtsubstrat kann gleichzeitig ein oder mehrere Chip-Bauelemente tragen. Die Chip-Bauelemente werden auf dem Trägersubstrat mittels Drahtbonden oder Flip-Chip-Technik befestigt und damit elektrisch verbunden.

Der Nachteil der bisher bekannten Transceiver-Modulen besteht darin, daß sie einen großen Platzbedarf haben und aus diesem Grund den anwendungsbezogenen Anforderungen oft nicht genügen (z. B. bei Funkschlüssel-Anwendungen für Automotive Remote Keyless Entry, RKE).

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine neue hochintegrierte Realisierung eines Radar-Transceivers in einem kompakten Modul anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bauelement mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

5

Die Erfindung gibt einen Radar-Transceiver an, enthaltend:

- zumindest einen Oszillator, der zumindest ein aktives Schaltungselement, zumindest einen frequenzbestimmenden Resonanzkreis und zumindest eine zur Frequenzverstimmung geeignete Komponente umfaßt,
  - zumindest einen Mischer, der zumindest eine Diode und zumindest ein passives Schaltungselement umfaßt,
  - ein Substrat mit zumindest zwei direkt übereinander angeordneten dielektrischen Lagen, bei dem auf, unterhalb und zwischen den dielektrischen Lagen Metallisierungsebenen vorgesehen sind, wobei die Unterseite des Substrats Außenkontakte zur Ankontaktierung an einen Systemträger und die Oberseite des Substrats Kontakte zur Ankontaktierung an die Außenelektroden der zumindest einen elektronischen Einzelkomponente aufweist,
  - eine oder mehrere auf der Oberseite des Substrats angeordnete elektronische Einzelkomponenten, die
    - zumindest eine aktive oder nichtlineare Schaltungskomponente des Mixers und
    - zumindest eine aktive oder nichtlineare Schaltungskomponente des spannungsgesteuerten Oszillators
- umfassen,
- wobei das zumindest eine passive Schaltungselement des Mixers und/oder der zumindest eine Resonanzkreis des spannungsgesteuerten Oszillators in einer der Metallisierungsebenen des Substrats integriert ist.

30

35

Die Verbindung zwischen den Metallisierungsebenen erfolgt vorzugsweise mittels Durchkontaktierungen. Möglich ist es auch, die Verbindung durch eine kapazitive oder induktive Feldkopplung zweier Metallstrukturen, die sich in unterschiedlichen Metallisierungsebenen befinden, herzustellen.

Der genannte Oszillator ist vorzugsweise ein spannungsgesteuerter Oszillator.

- 5 Der Oszillator generiert in dem Radar Transceiver elektromagnetische Schwingungen bei der vorgegebenen Höchstfrequenz - ein Referenzsignal, welches über den Sendepfad des Radar-Transceivers zu einer externen oder im Substrat integrierten Sendeantenne geleitet und von dort aus als Sendesignal in
- 10 Richtung eines Zielobjektes ausgestrahlt wird. Das vom Zielobjekt reflektierte Signal gelangt über die Empfangsantenne und den Empfangspfad des Radar-Transceivers an den Mischer, der Sende- und Empfangssignale miteinander mischt und ein demoduliertes Signal liefert. Das demodulierte Signal wird an
- 15 einen ASIC (Application Specific Integrated Circuit, auf Deutsch „kundenspezifische integrierte Schaltung“) weitergeleitet, die einen Frequenzregelkreis, vorzugsweise einen Phasenregelkreis (PLL = phase locked loop) enthält und eine Steuerspannung zur Frequenzregelung des (spannungsgesteuerten) Oszillators ausgibt. Der Oszillator enthält in der Regel
- 20 zumindest ein nichtlineares (oder aktives) Schaltungselement zur Frequenzverstimmung, z. B. eine Varaktor-Diode. Der Frequenzregelkreis stellt z. B. eine digitale oder analoge PLL oder eine analoge Frequenzregelschleife dar.
- 25 Der ASIC wird zweckmäßig von extern angeschlossen. Es ist möglich, daß der ASIC als eine Einzelkomponente auf der Substrat-Oberseite aufgebracht wird.
- 30 Diese oder andere vorhandene elektronische Einzelkomponenten weisen zumindest zwei auf der Unterseite angeordnete Außenelektroden auf, die mit den Kontakten auf der Oberseite des Substrats elektrisch verbunden sind.
- 35 Eine elektronische Einzelkomponente ist vor allem ein nichtlineares oder ein aktives elektronisches Bauelement, insbesondere ein Chip-Bauelement.

Unter einer nichtlinearen oder aktiven Einzelkomponente versteht man ein diskretes nichtlineares oder aktives Schaltungselement wie eine Diode oder einen Transistor, oder ein  
5 zumindest eine nichtlineare oder aktive Komponente umfassendes Chip-Bauelement mit oder ohne Gehäuse. Die nichtlineare oder aktive Einzelkomponente kann außerdem ein oder mehrere passive Schaltungselemente (ausgewählt aus einer Induktivität, einer Kapazität, einem Widerstand, einer Leitung oder  
10 einem Leitungsabschnitt) umfassen.

Die als Chip-Bauelement ausgebildete aktive Einzelkomponente kann ein Mikrowellen-Chip, ein Millimeterwellen-Chip oder ein IC-Bauelement (IC = Integrated Circuit) darstellen. Das IC-  
15 Bauelement kann wiederum ein MMIC-Bauelement (MMIC = Monolithic Microwave Integrated Circuit) sein.

Die aktiven Einzelkomponenten können beispielsweise mit Si-, SiGe-, GaAs- oder InP-Halbleitertechnologie aufgebaut sein.  
20

Neben einer oder mehreren nichtlinearen oder aktiven Einzelkomponenten kann das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul eine oder mehrere passive Einzelkomponenten enthalten.

25 Eine passive Einzelkomponente ist ein diskretes Bauelement, ausgewählt aus einem Kondensator, einer Spule, einem Widerstand, oder ein Chip-Bauelement, das zumindest einen Teil folgender Schaltungen umfaßt: eine RLC-Schaltung, ein Filter, einen Schalter, einen Richtkoppler, ein Bias-Netzwerk, eine  
30 Antenne, einen Impedanzwandler oder ein Anpassungsnetzwerk.

Die elektronische Einzelkomponente weist zumindest zwei Außenkontakte zur elektrischen Verbindung mit den im Substrat verborgenen metallischen Strukturen auf.  
35

Die zumindest eine elektronische Einzelkomponente wird in dem für die Erfindung relevanten Höchstfrequenzbereich vorzugs-

weise mittels Flip-Chip-Technik mit dem Substrat und den integrierten Schaltungselementen mechanisch bzw. elektrisch verbunden, so daß deren strukturierte Seite der Substrat-Oberseite zugewendet ist.

5

Neben der zumindest einen (nichtlinearen, passiven oder aktiven) elektronischen Einzelkomponente können ein oder mehrere diskrete elektronische Bauelemente (z. B. eine Spule, ein Kondensator oder ein Widerstand) sowie ein oder mehrere Trägersubstrate mit passiven HF-Strukturen wie Filter oder Mischer, insbesondere in Dünnschichttechnik strukturierte Trägersubstrate, auf der Oberseite des Substrats angeordnet sein.

10

15 Unter Substrat werden hier alle Arten von planaren Schaltungsträgern verstanden. Darunter fallen keramische Substrate (Dünnschichtkeramik, Dickschichtkeramik, LTCC = low temperature cofired ceramics, HTCC = high temperature cofired ceramics, LTCC und HTCC sind keramische Mehrlagenschaltungen),  
20 polymere Substrate (herkömmliche Leiterplatten, wie FR4, sog. Softsubstrate, deren Polymer-Basis z.B. aus PTFE = Teflon oder Polyolefinen besteht und die typischer Weise glasfaserverstärkt oder keramikpulvergefüllt sind), Silizium sowie metallische Substrate, bei denen metallische Leiterbahnen und  
25 eine metallische Basisplatte durch Polymere oder keramische Materialien voneinander isoliert sind. Unter Substrat werden hier auch sog. Molded-Interconnection-Devices (MID) verstanden, die aus thermoplastischen Polymeren bestehen, auf denen Leiterbahnen strukturiert sind.

30

Das Substrat enthält integrierte Schaltungselemente, vor allem passive Schaltungselemente des Mixers (insbesondere einen Hybridring), des Oszillators (insbesondere einen Resonanzkreis) und Strukturen von einem oder mehreren Tiefpaßfiltern. Unter einem integrierten Schaltungselement versteht man  
35 insbesondere eine Induktivität, eine Kapazität oder eine Leitung, z. B. einen transmission line Strahler, eine Verbin-

dungsleitung, bzw. ein Leitungsabschnitt. Diese können auf eine an sich bekannte Weise als Leiterbahnen zwischen, in und auf den dielektrischen Lagen eines Substrats mit Vielschicht-Aufbau angeordnet sein und damit integrierte Schaltungselemente bilden. Vertikale Verbindungen zwischen den Leiterbahnen in verschiedenen Lagen (Durchkontaktierungen) zählen auch zu integrierten Schaltungselementen, da sie einerseits zur vertikalen Signalführung dienen und andererseits insbesondere im Höchsthfrequenzbereich sowohl eine (parasitäre) Induktivität als auch eine (parasitäre) Kapazität darstellen. Mehrere einzelne integrierte Schaltungselemente bilden zusammen integrierte Schaltungen, insbesondere passive Schaltungen wie die eines Filters oder (zumindest teilweise) eines Mischers. Integrierte Schaltungselemente können außerdem zumindest einen Teil zumindest einer aktiven Schaltung realisieren, welcher mit den aktiven Einzelkomponenten auf der Oberfläche des Substrats elektrisch verbunden ist.

Bei Höchsthfrequenzen, insbesondere im mmW-Bereich, sind Kapazitäten und Induktivitäten oft als durch Leitungsabschnitte realisierte verteilte Elemente vorhanden. Die Kapazitäten können beispielsweise als Radial Stubs ausgeführt sein.

Die Unterseite des Substrats weist Außenkontakte zur elektrischen Verbindung beispielsweise mit der Leiterplatte eines Endgeräts auf.

Metallisierungsebenen sind vor allem zwischen den dielektrischen Substratlagen angeordnet. Die Substrat-Oberseite und Substrat-Unterseite werden hier auch als Metallisierungsebenen betrachtet.

Die Oberseite des Substrats trägt leitende Strukturen (Metallisierungen), die zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen den Metallisierungsebenen im Substrat und der zumindest einen elektronischen Einzelkomponente auf der Substrat-Oberseite geeignet sind.



Die Gesamtstärke der dielektrischen Substratlagen beträgt typischerweise zwischen 0,3 und 1,5 mm.

5 Das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul zeichnet sich gegenüber den bekannten Radar-Transceiver-Modulen durch eine dreidimensionale Integration der Schaltungselemente (insbesondere derjenigen des Mischers und des Oszillators) im Substrat aus und ist dadurch besonders platzsparend (geringe Grundfläche).

10 Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen schematischen und daher nicht maßstabsgetreuen Figuren näher erläutert.

15 Figuren 1a und 1b zeigen jeweils ein Blockschaltbild einer beispielhaften Radar-Transceiver-Schaltung

20 Figur 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Radar-Transceiver-Modul im schematischen Querschnitt

25 Figur 3 zeigt eine perspektivische Darstellung der dreidimensionalen Integration der Höchstfrequenz-Schaltungselemente in den Metallisierungsebenen des Substrats

30 Figur 4 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Radar-Transceiver-Moduls im schematischen Querschnitt

In Figur 1a ist ein Blockschaltbild einer Radar-Transceiver-Schaltung dargestellt.

35 Das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul in Figur 1a enthält einen spannungsgesteuerten Oszillator VCO, dessen Frequenz mit einer Steuerspannung  $V_{\text{tune}}$  verstimmbar ist, einen Mischer MIX und eine kundenspezifische integrierte Schaltung

ASIC mit einem Frequenzregelkreis, z. B. einem Phasenregelkreis PLL (in einer weiteren Ausführungsform kann der Frequenz- bzw. Phasenregelkreis z. B. in einem Frequenzteiler integriert sein).

5

Das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul in Figur 1a enthält außerdem einen Frequenzteiler FD, der die Frequenz des Ausgangssignals des spannungsgesteuerten Oszillators VCO herunterteilt und ein Signal ZFout zur Steuerung des Phasenregelkreises der ASIC ausgibt.

10

Der Oszillator, insbesondere der spannungsgesteuerte Oszillator, der Frequenzteiler und der in dem Frequenzteiler integrierte oder extern in der ASIC angeordnete Phasenregelkreis bilden zusammen einen Frequenzregelkreis.

15

Das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul kann wahlweise, wie in der in Figur 1a dargestellten vorteilhaften Ausführungsform, jeweils im Sende- und/oder im Empfangspfad Verstärker TX-AMP bzw. RX-AMP enthalten. Diese können als nach Funktion getrennte Einzelkomponenten zur Verfügung stehen oder in einer oder mehreren Einzelkomponenten zusammen mit anderen Schaltungselementen, z. B. mit den Schaltungselementen des Mischers, des (spannungsgesteuerten) Oszillators oder des Frequenzteilers, realisiert sein.

20

25

Das Sendesignal HFout wird mittels der Sendeantenne TX-ANT ausgestrahlt. Das reflektierte Signal wird von der Empfangsantenne RX-ANT empfangen. Sowohl die Sendeantenne als auch die Empfangsantenne können in einer der Metallisierungsebenen des Substrats (inklusive der Substrat-Unterseite) ausgebildet sein. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die Sende- und/oder Empfangsantenne von extern über Höchstfrequenz-Terminals angeschlossen wird.

30

35

Der Mischer MIX mischt das Empfangssignal mit dem Signal des Oszillators VCO und gibt ein demoduliertes Signal MIXout aus,

das die gewünschte Information (z. B. über die Entfernung oder die Geschwindigkeit des Zielobjekts) trägt und weiter z. B. zu einer visuellen Darstellung extern verarbeitet werden kann.

5

Die genannten Radar-Transceiver-Schaltungen (insbesondere die aktiven Schaltungselemente) werden mit einer Versorgungsspannung Vcc und/oder einem Strom Icc versorgt.

- 10 Der Transceiver ist gleichzeitig auch für Nahdistanz-Datenübertragung verwendbar, z. B. für Anwendung als Funk-schlüssel.

- 15 Für einfache Nahdistanz-Datenübertragungen sind z. B. eine Amplitudentastung (auf Englisch amplitude shift keying, oder ASK) oder eine Frequenzumtastung (auf Englisch frequency shift keying, oder FSK) gebräuchlich. Die Amplitudentastung wird durch Ein- und Ausschalten der Signalquelle (des Oszillators oder des Sendeverstärkers, falls vorhanden) im Takt  
20 der Datenbits realisiert. Die Frequenzumtastung ist durch Taktung einer Frequenzregelschleife realisierbar.

- 25 In einer weiteren in der Figur 1b abgebildeten Ausführungsform des Radar-Transceivers dient die Antenne TRX-ANT gleichzeitig zur Ausstrahlung des Sendesignals und zum Signalempfang.

- 30 Im erfindungsgemäßen Radar-Transceiver-Modul sind alle relevanten Funktionalitäten eines Radar-Transceivers (Frequenzregelung des Oszillators, Signalverstärkung, Signalausstrahlung, Signalempfang, Demodulation) in einem kompakten Modul integriert, wobei die Integration der passiven Schaltungselemente dreidimensional in den Metallisierungsebenen des Substrats erfolgt, siehe Figur 2.

35

In Figur 2 sind allgemeine Merkmale des dreidimensionalen Aufbaus eines erfindungsgemäßen Radar-Transceivers anhand eines schematischen Querschnitts erläutert.

5 In Figur 2 ist der schematische Querschnitt eines erfindungsgemäßen Radar-Transceivers BE mit einer elektronischen Einzelkomponente CB und einem mehrlagigen Substrat SU gezeigt. Die elektronische Einzelkomponente CB mit Außenelektroden AE ist hier ein Chip-Bauelement, das zumindest ein nichtlineares oder aktives Schaltungselement eines Mischers und/oder eines (spannungsgesteuerten) Oszillators (insbesondere eine Diode oder einen Transistor) umfaßt. Die elektronische Einzelkomponente CB kann außerdem ein oder mehrere passive Schaltungselemente (ausgewählt aus einer Kapazität, einer Induktivität oder einem Widerstand) enthalten. Die elektronische Einzelkomponente CB ist mittels Bumps BU mit verschiedenen Metallisierungsebenen, welche insbesondere Leiterstrukturen LS auf der Substrat-Oberseite und weitere im mehrlagigen Substrat SU verborgene Leiterstrukturen LS1 umfassen, elektrisch verbunden. Die Leiterstrukturen LS und LS1 bilden integrierte Schaltungselemente IE. Die elektrische Verbindung kommt beispielsweise mittels Flip-Chip-Technik oder SMD-Technik (SMD = Surface Mounted Device) zustande. Das Substrat SU weist Leiterstrukturen zur Herstellung des genannten elektrischen Kontaktes auf der Oberseite sowie Außenkontakte AK auf der Unterseite zur Herstellung einer elektrischen Verbindung mit der Leiterplatte eines Endgeräts auf. Die Außenkontakte AK können als Land-Grid-Arrays (LGA) ausgeführt oder zusätzlich mit Lot-Kugeln ( $\mu$ BGA, oder Ball-Grid-Arrays) versehen sein. Die  $\mu$ BGAs haben verglichen mit den LGAs den Vorteil einer höheren thermomechanischen Festigkeit, die für die Produktqualifikation für Automotive Anwendungen erheblich ist.

35 Möglich sind außerdem nadelförmige Außenkontakte (Leads) und nichtgalvanische Übergänge zwischen dem Bauelement und der extern anzuschließenden Leiterplatte, wie z. B. Hohlleiterübergänge oder Schlitzkopplungen (insbesondere Feldkopplung

der Höchsthfrequenzsignale vom Transceiver-Modul auf die extern angeordnete Antenne bzw. auf den Systemträger über auf der Modul-Unterseite vorhandene Schlitzstrukturen). Die vertikale Signaldurchführung im Substrat SU erfolgt mittels  
5 Durchkontaktierungen DK1 und DK2.

Es ist möglich, daß die Außenelektroden der elektronischen Einzelkomponente nadelförmig sind (Leads).

- 10 Die Einzelkomponenten umfassen vor allem nichtlineare oder aktive Schaltungselemente des Mischers und des (spannungsge-  
steuerten) Oszillators, die z. B. nicht im Substrat integriert werden können. Es ist möglich, daß die Schaltungselemente des Mischers und des Oszillators (zumindest teilweise)  
15 in einer gemeinsamen Einzelkomponente oder in verschiedenen Einzelkomponenten realisiert sind.

- In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist es möglich, daß eine einzige Einzelkomponente die Schaltungselemente des Mischers, des Oszillators und eines Frequenzteilers  
20 (zumindest teilweise) enthält. Es ist auch möglich, daß die Schaltungselemente des Mischers, des Oszillators und des Frequenzteilers in ~~min~~ drei verschiedenen Einzelkomponenten (zumindest teilweise) enthalten sind. Ferner ist es möglich, daß  
25 die Schaltungselemente des Mischers und des spannungsgesteuerten Oszillators (zumindest teilweise) in einer gemeinsamen Einzelkomponente und die Schaltungselemente des Frequenzteilers (zumindest teilweise) in einer separaten Einzelkomponente realisiert sind. Weitere Möglichkeiten ergeben sich aus  
30 folgenden Kombinationen: a) die Schaltungselemente des Mischers und des Frequenzteilers (zumindest teilweise) in einer gemeinsamen Einzelkomponente und die Schaltungselemente des Oszillators (zumindest teilweise) in einer separaten Einzelkomponente, b) die Schaltungselemente des Oszillators und des  
35 Frequenzteilers (zumindest teilweise) in einer gemeinsamen Einzelkomponente und die Schaltungselemente des Mischers (zumindest teilweise) in einer separaten Einzelkomponente.

In einer vorteilhaften Ausführungsform enthält das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul folgende Einzelkomponenten auf der Substrat-Oberseite: einen IC, welcher (zumindest teilweise) den (spannungsgesteuerten) Oszillator und den Frequenzteiler umfaßt, sowie einen oder mehrere (z. B. zwei oder vier) diskrete Diodenchips, welche die Mischerfunktion realisieren, siehe auch Figur 4.

Der Oszillator kann außerdem (zumindest teilweise) an Stelle einer integrierten Schaltung auch aus diskreten Transistoren, z. B. aus einem oder mehreren Transistorchips aufgebaut werden. Der Mischer kann (zumindest teilweise) als integrierte Schaltung vorliegen. Die Schaltungen des Mixers, des Oszillators und des Frequenzteilers können generell als Einchip-, Zweichip- oder Dreichip-Lösungen vorliegen. Der Resonanzkreis des (zumindest einen) Oszillators kann teilweise oder ganz on-chip (d. h. in einer elektronischen Einzelkomponente) ausgeführt sein.

In dem in Figur 2 dargestellten vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die zumindest eine elektronische Einzelkomponente CB mit einem Film SF zum Schutz vor Feuchtigkeit und äußeren mechanischen Einwirkungen abgedeckt (Filmmabdeckung).

Die Filmmabdeckung stellt einen Film dar, dessen Form an diejenige der zu schützenden (oder abzudeckenden) Komponenten angepaßt ist (oder wird). Die Filmmabdeckung liegt so über der Rückseite der aktiven Einzelkomponente und schließt allseitig mit der Oberfläche des Substrats ab, daß die aktive Einzelkomponente vollständig abgedeckt und dadurch vor äußeren mechanischen Einwirkungen, Staub und Feuchtigkeit geschützt ist.

Das Abdecken der Einzelkomponenten mit dem Film wird auch als Laminieren bezeichnet. Beim Laminieren wird der Film bleibend

verformt. Die Filmabdeckung besteht vorzugsweise aus einem Polymer, welches eine besonders niedrige Wasser-Absorption aufweist, z. B. Polyimid, fluorbasierte Polymere wie Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Polyolefine wie (vernetztes) Polypropylen oder Polyethylen. Die Filmabdeckung kann außerdem aus einem Metall bestehen und faser- oder partikelgefüllt sein. Die Filmabdeckung kann darüber hinaus metallisch oder keramisch beschichtet sein oder werden.

Es ist möglich, daß die Filmabdeckung alle Einzelkomponenten auf der Oberseite des Bauelements vollständig und gemeinsam bedeckt.

Zur Abschirmung von der Umgebung kann die Filmabdeckung zusätzlich mit einer Metallschicht überzogen sein. Diese Schicht kann beispielsweise durch Sputtern, Galvanisieren, chemische Metallabscheidung, Bedampfen oder durch eine Kombination der erwähnten Verfahren aufgetragen sein. Zur mechanischen Stabilisierung sind die auf der Substrat-Oberseite befindlichen Einzelkomponenten in diesem Ausführungsbeispiel mit einer Vergußmasse GT überdeckt. Wahlweise ist es möglich, die Vergußmasse wegzulassen. Unter Vergußmasse werden hier alle Stoffe verstanden, die im flüssigen Zustand auf den Film aufgebracht werden und durch Aushärten (chemisches Reagieren) oder Erstarren (Erkalten) fest werden. Darunter fallen sowohl gefüllte und ungefüllte Polymere, wie Abdeckmassen, Glob-Top-Massen, Thermoplaste oder Kunststoffkleber, als auch Metalle oder keramische Stoffe, wie keramische Kleber. Glob-Top ist ein Vergußmittel, das durch seine hohe Viskosität nur gering verfließt und deshalb die zu schützende Einzelkomponente tropfenförmig umschließt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann der metallbeschichtete Film nach dem Laminieren mit einem Vergußmittel überzogen werden. Es ist in einer anderen Ausführungsform möglich, die Metallschicht nicht auf die Filmabdeckung, sondern auf die Vergußmasse aufzubringen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bauelements mit Keramik-Substrat wird der Film an den an dem Substrat anliegenden Rändern - beispielsweise durch Lasern - teilweise entfernt und erst danach mit Metall beschichtet, damit die abzudeckenden Einzelkomponenten vollständig von Metall bzw. Keramik umschlossen und dadurch hermetisch versiegelt sind.

Es ist möglich, daß das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul (zusätzlich) einen Deckel zum mechanischen Schutz der auf der Substrat-Oberseite angeordneten elektronischen Einzelkomponenten enthält.

Die Bumps BU dienen zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen den im Substrat SU verborgenen integrierten Schaltungselementen IE und der zumindest einen elektronischen Einzelkomponente CB und ggf. den weiteren auf der Substrat-Oberseite angeordneten Einzelkomponenten. Die Bumps bestehen üblicherweise aus Lot, beispielsweise SnPb, SnAu, SnAg, SnCu, SnPbAg, SnAgCu in unterschiedlichen Konzentrationen oder aus Gold. Besteht der Bump aus Lot, wird das Bauelement durch Löten mit dem Substrat verbunden; besteht er aus Gold, so können die Einzelkomponenten CB und Substrat SU durch Thermocompression-Bonding, Ultrasonic-Bonding oder Thermosonic-Bonding (Sinter- bzw. Ultraschallschweiß-Verfahren) verbunden werden. Die Höhe der Flip-Chip-Bumps muß bei den Höchsthäufigkeits-Anwendungen so niedrig gehalten werden, daß nur eine geringe Menge elektromagnetischer Strahlung aus der Höchsthäufigkeits-Einzelkomponente heraustreten und von dem laminierten Film absorbiert werden kann. Eine Möglichkeit, die niedrige Höhe der Flip-Chip-Bumps zu erreichen, bietet insbesondere das Thermocompression-Bonding.

Die elektronischen Einzelkomponenten können in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung SMD-Komponenten sein.



Es besteht die Möglichkeit, außer aktiven Einzelkomponenten auch passive Einzelkomponenten, insbesondere diskrete Spulen, Kondensatoren, Widerstände oder einzelne Chips mit passiven Schaltungen (beispielsweise Filter, Mischer, Anpaßschaltung) auf der Substrat-Oberseite anzubringen. Es besteht die Möglichkeit, mit zusätzlichen diskreten passiven Kompensationsstrukturen die Verstimmung des Bauelements durch das Gehäuse auszugleichen.

Die elektronischen Einzelkomponenten sowie die integrierten Schaltungskomponenten können zumindest einen Teil folgender Schaltungen bilden: eines Hochfrequenz-Schalters, einer Anpaßschaltung, eines Hochpaßfilters, eines Tiefpaßfilters, eines Bandpaßfilters, eines Bandsperrfilters, eines Leistungsverstärkers, eines Kopplers, eines Richtkopplers, einer Bias-Schaltung oder eines Mischers.

Falls die zumindest eine elektronische Einzelkomponente keine zu schützenden signalführenden Strukturen auf der Oberfläche aufweist (beispielsweise sind alle Schaltungselemente und Schaltungen in einem Mehrlagensubstrat verborgen), so ist es möglich, diese Einzelkomponente zuerst mit der Vergußmasse zu überziehen und erst nach dem Aushärten der Vergußmasse eine Filmabdeckung aufzubringen.

Die Signalleitungen im erfindungsgemäßen Bauelement können entweder ganz im Substrat verborgen sein, oder zumindest ein Teil der Signalleitungen kann auf der Oberseite des Substrats angeordnet sein.

Es ist möglich, daß entweder zumindest ein Teil der Signalleitungen sowie DC-Verbindungsleitungen auf der Ober- oder Unterseite des Substrats angeordnet ist, oder daß alle Signalleitungen im Substrat verborgen sind.

Die Höchsthäufigkeit-Verbindungsleitungen im erfindungsgemäßen Radar-Transceiver-Modul können als Mikrostreifenleitungen

bzw. „suspended microstrip“ (mit Dielektrikum bedeckte Mikrostreifenleitungen), Zweidrahtleitungen oder Koplanarleitungen (Dreidrahtleitungen) bzw. Triplate-Leitungen (mit Dielektrikum bedeckte Koplanarleitungen) ausgeführt sein.

5

Die vertikalen Höchstfrequenz-Signaldurchführungen können als zwei oder drei parallel angeordnete Durchkontaktierungen (bei Zwei- bzw. Dreidrahtleitungen) oder als eine Art Koaxleitung ausgeführt sein. Im letzteren Fall ist die signalführende Durchkontaktierung in der Art einer coaxialen Verbindung von mehreren um sie ringsum angeordneten an die Masse angeschlossenen Durchkontaktierungen umgeben.

10

Figur 3 zeigt eine beispielhafte Integration der Höchstfrequenz-Schaltungselemente (hier: Mischer) in den Metallisierungsebenen des Substrats in einer perspektivischen Darstellung. Dabei liegen zwei Höchstfrequenz-Verbindungsleitungen VL und zwei Tiefpaßfilter TPFI bzw. der Hybridring HR in der oberen bzw. in der unteren Metallisierungsebene. Jedes Tiefpaßfilter ist aus Radial Stubs RS und dünnen Leitungen DL aufgebaut. Die dünnen Leitungen wirken dabei induktiv, und die Radial Stubs wirken kapazitiv. Der Radius der Radial Stubs sowie die Länge der dünnen Leitungen zwischen zwei Radial Stubs beträgt (ungefähr) eine Viertelwellenlänge, so daß am Ansatz des Radial Stubs ein Kurzschluß für am breiten Ende des Radial Stubs aufgefangene Höchstfrequenzsignale entsteht. Der Hybridring ist über Durchkontaktierungen DK2 z. B. an die auf der Substrat-Oberseite angeordneten Mischerdioden oder an die Mischer-IC angeschlossen.

20

25

30

Figur 4 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Radar-Transceivers mit einem (spannungsgesteuerten) Oszillator OSZ-IC und zwei Mischerdioden MIX1 und MIX2 im schematischen Querschnitt. Die Bezugszeichen in dieser Figur entsprechen denjenigen der vorher erläuterten Figuren. Die verborgenen Schaltungselemente (z. B. der Hybridring HR, der Oszillator-Resonanzkreis RES und die Tiefpaßstrukturen

35

TPFI) sind von Masseflächen GND1, GND2 und GND3 umfaßt. Die Struktur ANT ist entweder eine Antennenstruktur oder alternativ dazu ein Höchsthfrequenz-Anschluß an eine externe Antenne.

- 5 Das Substrat enthält unterschiedliche dielektrische Lagen bezüglich der Dielektrizitätskonstante oder der Dicke der Lagen. In diesem Ausführungsbeispiel sind die dielektrischen Lagen, welche den Hybridring und den Oszillator-Resonanzkreis umfassen, dicker als die Tiefpaßstrukturen umfassenden Lagen.
- 10 Je geringer der Abstand zwischen einer Metallisierungsebene mit den signalführenden Strukturen und einer Metallisierungsebene mit der Massefläche und je höher die Dielektrizitätskonstante der entsprechenden dielektrischen Lagen ist, desto kapazitätsreicher (niederohmiger im Sinne der Höchsth-
- 15 frequenz) sind die in der ersten der genannten Metallisierungsebenen angeordneten Leiterstrukturen.

In diesem Ausführungsbeispiel ist das Innere des Substrats in zwei funktionale Sektionen - eine in Figur links angeordnete Oszillator-Sektion bzw. eine in Figur rechts angeordnete Mi-

20 schler-Sektion - unterteilt, denen jeweils zur Zu- bzw. Abführung der niederfrequenten Signale Zfout, Vtune, Vcc bzw. MIXout vorgesehene Außenkontakte an der Unterseite entsprechen.

25 Die Mischer-Sektion enthält einen Hybridring (Ratrace oder 90°-Hybridring) HR, Tiefpaßstrukturen TPFI, zwei Schottky-Dioden MIX1 und MIX2 und die entsprechenden durch die Durchkontaktierungen realisierte Vertikalverbindungen. Die Oszil-

30 lator-Sektion enthält eine IC, welche teilweise einen (vorzugsweise spannungsgesteuerten) Oszillator und einen Frequenzteiler umfaßt (eine OSZ-IC), einen im Substrat verborgenen Resonanzkreis RES, Tiefpaßstrukturen sowie Verbindungsleitungen und Durchkontaktierungen.

35 Das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul stellt eine mit konventionellen Standard-SMD-Bestückverfahren leicht zu ver-

arbeitende Komponente dar. Das erfindungsgemäße Radar-Transceiver-Modul kann insbesondere auf eine Systemleiterplatte, z. B. eine FR4-Leiterplatte oder ein meist aus Laminaten hergestelltes Softboard bestückt werden.

5

Bei besonders komplexen Systemtopologien, die sich nicht in einem vollintegrierten Modul realisieren lassen, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, die entsprechenden Teilfunktionen des Radar-Transceivers in Teilmodulen zu realisieren, die auf einem Systemträger miteinander verbunden werden. Man kann den Radar-Transceiver beispielsweise aus zwei separaten Bausteinen - einem Sender-Teilmodul, das die Oszillator-Sektion enthält, und einem Empfänger-Teilmodul, das die Mischer-Sektion enthält - aufbauen. In einigen Fällen, wenn eine Antenne wie z. B. eine richtscharfe Antenne viel Substratfläche verbraucht, ist es zweckmäßig, eine solche Antenne außerhalb des Substrats bzw. des hier beschriebenen Moduls auszuführen. Als Systemträger zur Herstellung der Verbindung zwischen den Teilmodulen und z. B. zur Ausführung der Planarantenne eignen sich insbesondere Keramik und Lamine auf der Basis von Teflon oder Glasfaser.

10  
15  
20

25

Die Erfindung wurde der Übersichtlichkeit halber nur anhand weniger Ausführungsbeispiele dargestellt, ist aber nicht auf diese beschränkt. Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben sich aus weiteren von den dargestellten Ausführungen unterschiedlichen relativen Anordnungen von Schaltungselementen, Einzelkomponenten, Filmabdeckung, Vergußmasse und Metallschicht.

30

Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben sich aus weiteren von den dargestellten Ausführungen unterschiedlichen relativen Anordnungen des Oszillators, des Mixers, des Frequenzteilers, der Tiefpaßfilter, der Verstärker oder der Antennen im Sende- und/oder Empfangspfad.

35

Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben sich hinsichtlich der Anzahl der verwendeten (oben genannten) Schaltungen und im Hinblick auf die Verbindungstechnik zwischen der Einzelkomponente und Substrat sowie zwischen dem Substrat und einer externen Leiterplatte.

5

## Patentansprüche

## 1. Radar-Transceiver, enthaltend:

- zumindest einen Oszillator, der zumindest ein aktives Schaltungselement, zumindest einen Resonanzkreis und zumindest eine zur Frequenzverstimmung geeignete Komponente umfaßt,
  - zumindest einen Mischer, der zumindest eine Diode und zumindest ein passives Schaltungselement umfaßt,
  - ein Substrat (SU) mit zumindest zwei direkt übereinander angeordneten dielektrischen Lagen, bei dem auf, unterhalb und zwischen den dielektrischen Lagen Metallisierungsebenen vorgesehen sind,
  - eine oder mehrere auf der Oberseite des Substrats (SU) angeordnete elektronische Einzelkomponenten (CB), die
    - zumindest eine aktive oder nichtlineare Schaltungskomponente des Mixers und
    - zumindest eine aktive oder nichtlineare Schaltungskomponente des Oszillators
- umfassen,
- wobei das zumindest eine passive Schaltungselement des Mixers und/oder der zumindest eine Resonanzkreis des Oszillators in einer der Metallisierungsebenen des Substrats (SU) integriert ist.

## 2. Radar-Transceiver nach Anspruch 1,

bei dem der Oszillator ein spannungsgesteuerter Oszillator (VCO) ist.

## 3. Radar-Transceiver nach Anspruch 1 oder 2,

bei dem der Oszillator ein auf der Substrat-Oberseite angeordnetes nichtlineares Schaltungselement zur Frequenzverstimmung umfaßt.

## 4. Radar-Transceiver nach Anspruch 3,

bei dem das nichtlineare Schaltungselement zur Frequenz-

verstimmung eine Varaktor-Diode ist.

5. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4,  
5 bei dem der Mischer einen im Substrat (SU) integrierten Hybridring enthält.
6. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5,  
10 der einen Frequenzteiler (FD) zur Teilung der Frequenz des Ausgangssignals des Oszillators umfaßt.
7. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6,  
15 der einen Phasenregelkreis umfaßt, welcher in die Schaltung des Frequenzteilers integriert ist.
8. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 7,  
20 der auf der Substrat-Unterseite ein Terminal zum Anschluß einer externen Antenne aufweist.
9. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 8,  
25 bei dem zumindest ein Teil zumindest einer Antenne (TX-ANT, RX-ANT) auf der Substrat-Oberseite oder der Substrat-Unterseite angeordnet ist.
10. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9,  
30 der zumindest eine Filmabdeckung (SF) umfaßt, welche die eine oder mehreren elektronischen Einzelkomponenten vollständig bedeckt und dazu dient, die eine oder mehreren elektronischen Einzelkomponenten vor Staub, Feuchtigkeit  
35 und mechanischen Einwirkungen zu schützen.

11.Radar-Transceiver nach Anspruch 10,  
bei dem die Filmabdeckung durch eine Metallschicht be-  
deckt ist.

5 12.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1  
bis 11,  
der mit einer Vergußmasse verkapselt ist.

10 13.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1  
bis 12,  
der zumindest ein im Substrat (SU) integriertes Schal-  
tungselement (IE) enthält, ausgewählt aus einer Indukti-  
vität, einer Kapazität, einer Leitung oder einem Lei-  
tungsabschnitt.

15 14.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1  
bis 13,  
bei dem die eine oder mehreren elektronischen Einzelkom-  
ponenten (CB) auf der Oberseite des Substrats (SU) aus  
20 einem Mikrowellen-Chip, einem Millimeterwellen-Chip oder  
einem IC-Bauelement ausgewählt sind.

25 15.Radar-Transceiver nach Anspruch 14,  
bei dem das zumindest eine IC-Bauelement ein MMIC-  
Bauelement - Monolithic Microwave Integrated Circuit -  
darstellt.

30 16.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1  
bis 15,  
bei dem die eine oder mehreren elektronischen Einzelkom-  
ponenten mit dem Substrat (SU) in Flip-Chip Technik oder  
SMD-Technik mechanisch und elektrisch verbunden sind.

35 17.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1  
bis 16,  
der die eine oder weitere elektronische Einzelkomponenten  
(CB) umfaßt, welche aus folgenden Komponenten ausgewählt



sind: einem diskreten passiven Schaltungselement einschließlich einer Spule, eines Kondensators und eines Widerstands, oder

5 einen kompakten Schaltungsblock aufweist, der zumindest eine elektronische Einzelkomponente, ausgewählt aus einer Spule, einem Kondensator oder einem Widerstand, einschließlich einer beliebigen Kombination der hier genannten Einzelkomponenten, enthält.

10 18.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 17,

bei dem das Substrat (SU) zumindest zwei Lagen aus LTCC- oder HTCC-Keramik - Low Temperature Cofired Ceramic, High Temperature Cofired Ceramic - enthält.

15 19.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 14 bis 18,

20 der zumindest eine Mischer-Diode oder zumindest ein Chip-Bauelement, welches eine Mischer-Funktion realisiert, und ein IC-Bauelement enthält, welches zumindest einen Teil des Oszillators und des Frequenzteilers (FD) umfaßt.

20.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 14 bis 19,

25 bei dem zumindest ein Teil des Oszillators, des Frequenzteilers (FD) und des Mixers in einem, zwei oder drei IC-Bauelementen realisiert ist.

30 21.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 20,

bei dem eine Frequenzmodulation durch eine Frequenztak- tung des Oszillators, eines Verstärkers oder eines Höchstfrequenz-Schalters erfolgt.

35 22.Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 21,

bei dem eine Amplitudenmodulation durch eine Amplituden-

taktung des Oszillators, eines Verstärkers oder eines  
Höchstfrequenz-Schalters erfolgt.

5 23. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 13  
bis 22,  
bei dem das zumindest eine IC-Bauelement zumindest einen  
Verstärker im Sende- oder Empfangspfad umfaßt.

10 24. Radar-Transceiver nach zumindest einem der Ansprüche 1  
bis 23,  
der als ein LTCC-Modul oder miteinander elektrisch ver-  
bundene Teilmodulen ausgeführt ist, wobei die genannten  
Teilmodule in SMD-Technik maschinell bestückt werden.

15

## Zusammenfassung

Radar-Transceiver für Mikrowellen- und Millimeterwellenanwendungen

5

Die Erfindung betrifft ein Transceiver-Modul (Sende/Empfängermodul) für Mikrowellen- und Millimeterwellenanwendungen bzw. zugehörige Modulplattformkonzepte zur Zusammenschaltung von Teilmodulen zu einem Gesamtmodul, die besonders geeignet für Massenfertigung sind.

10

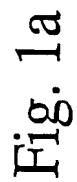
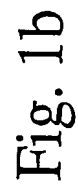
Das Transceiver-Modul enthält a) eine oder mehrere elektronische Einzelkomponenten, die insbesondere aktive Schaltungskomponenten eines (vorzugsweise spannungsgesteuerten) Oszillators, eines Mischers und eines Frequenzteilers umfassen, und b) ein Substrat mit Vielschichtaufbau und integrierten Schaltungselementen, insbesondere einem Hybridring des Mischers und einem Resonanzkreis des spannungsgesteuerten Oszillators. Die elektronischen Einzelkomponenten sind auf der Oberseite des Substrats angeordnet. Die Erfindung erlaubt es, die Sende- bzw. Empfängerfunktionen in einem kompakten Bauteil mit einer dreidimensionalen Integration der Höchstfrequenzkomponenten zu verwirklichen.

15

20

25

Figur 2



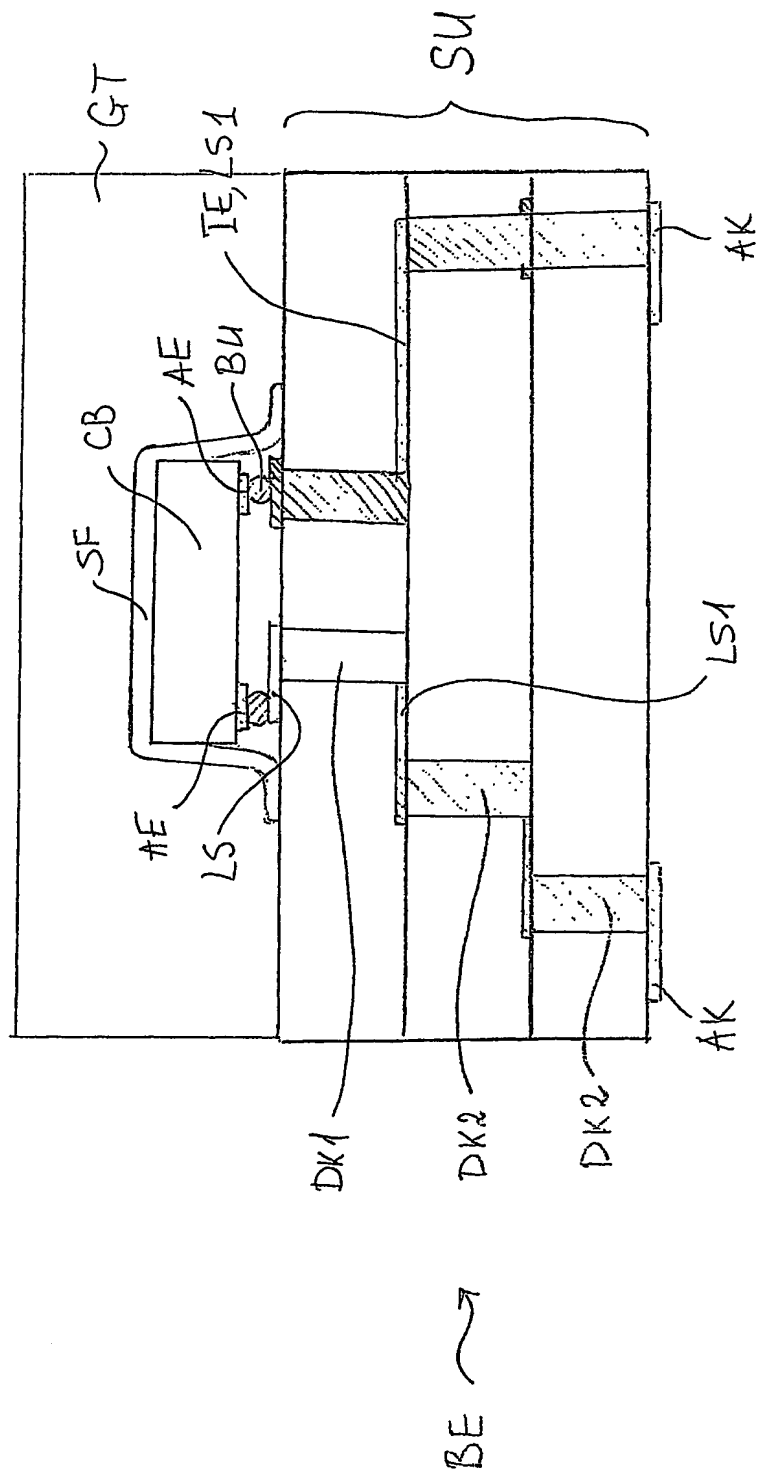


Fig. 2

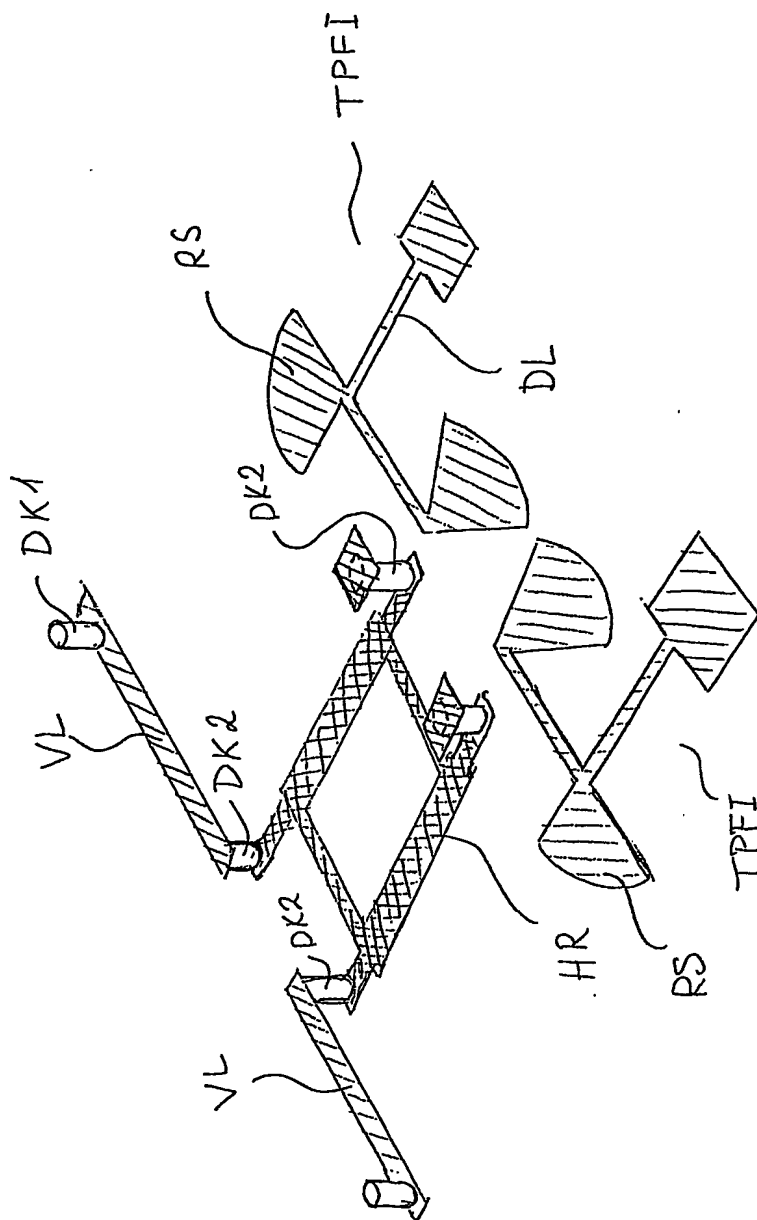


Fig. 3

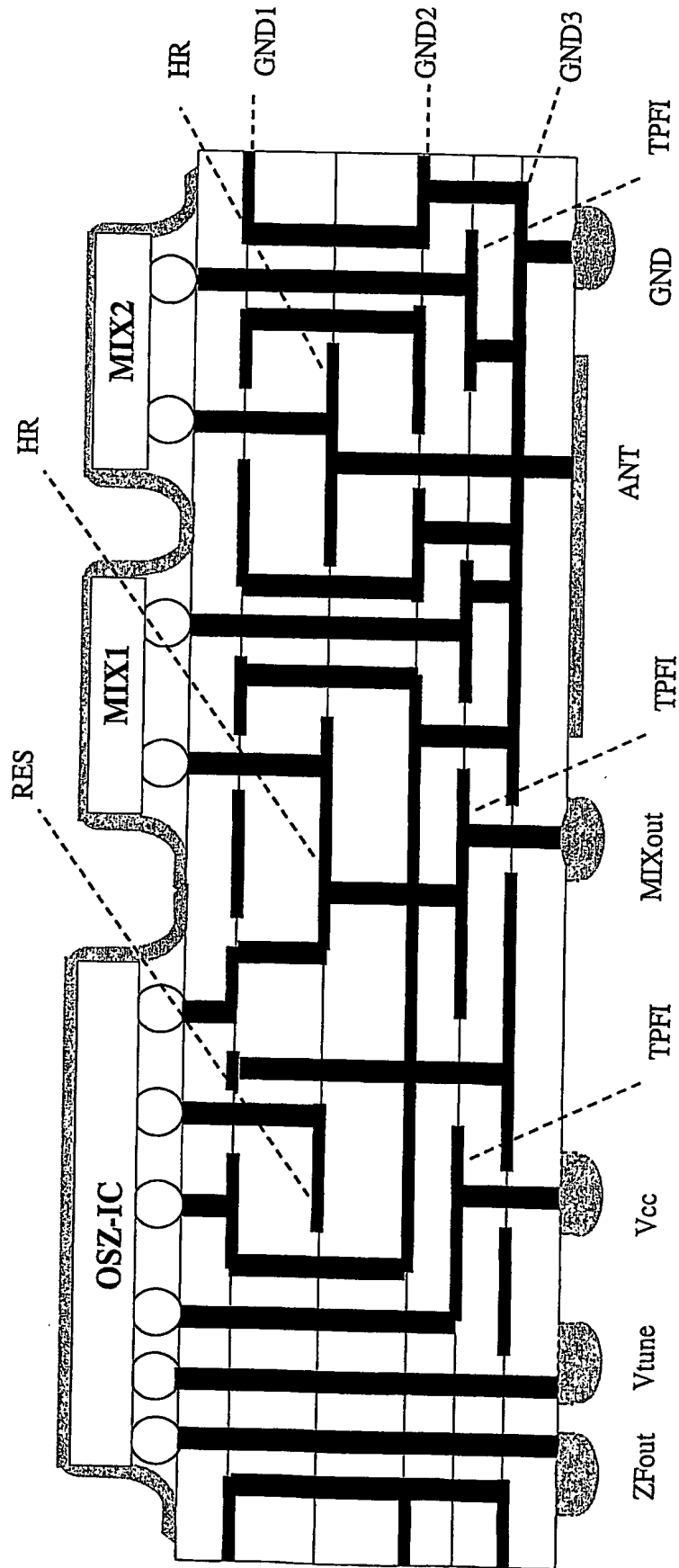


Fig. 4

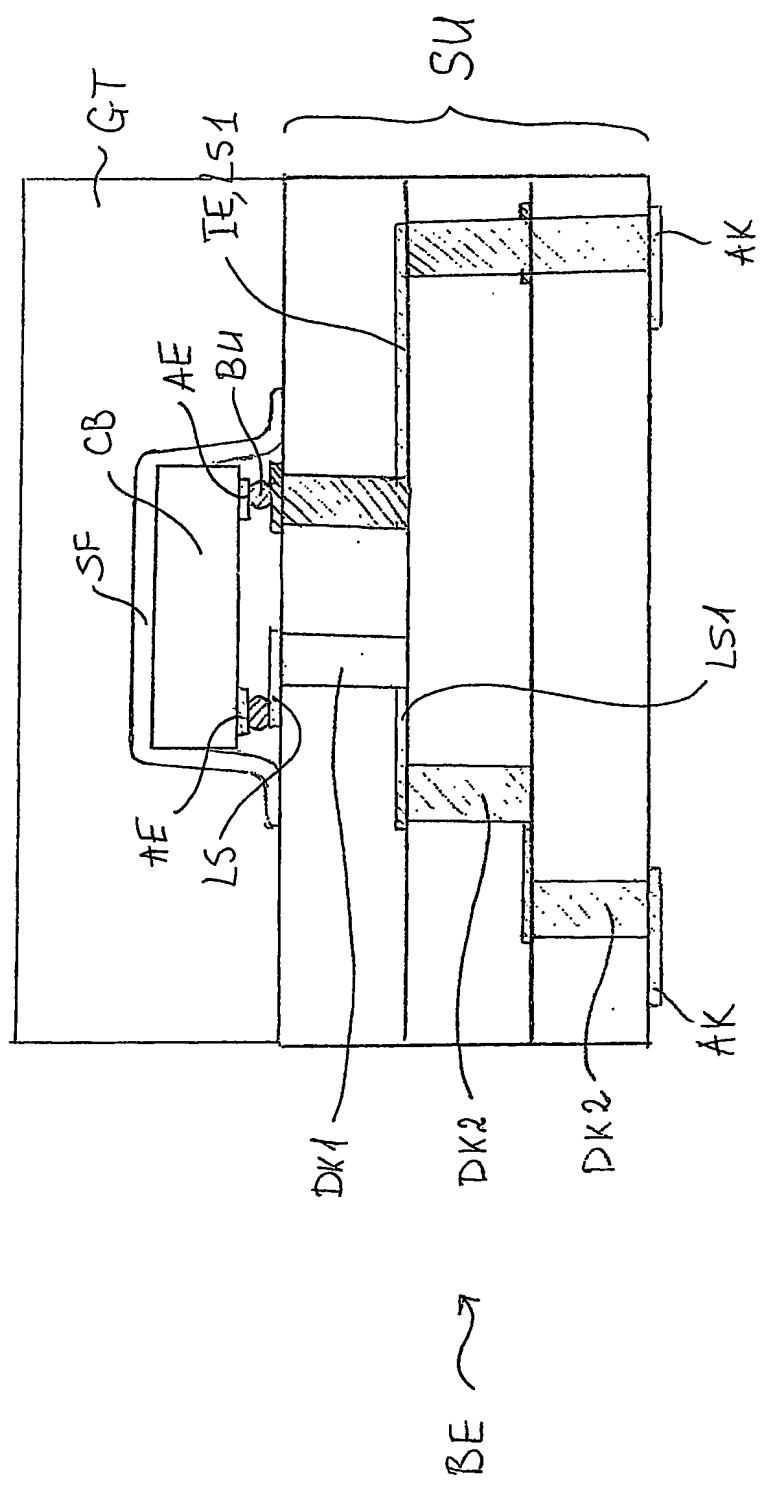


Fig. 2